ESTUDIO MORFOMETRICO PARA DISCRIMINAR SEGUN EL SEXO, CANGREJOS ADULTOS DE LA SUBESPECIE *HYPOLOBOCERA BOUVIERI BOUVIERI* (RATHBUN, 1898) (DECAPODA: PSEUDOTHELPHUSIDAE)

Por

Martha R. Campos *, Harmín Parra-Castellano **

RESUMEN

Se presentan los resultados de un análisis estadístico con cangrejos adultos de la subespecie *Hypolobocera bouvieri bouvieri* (Rathbun, 1898) de la cuenca del río Negro, hoya del río Magdalena, en el Departamento de Cundinamarca, Colombia. El estudio consideró 38 especímenes (10 hembras y 28 machos) y para cada ejemplar se observaron 29 variables cuantitativas. Utilizando métodos estadísticos multivariados se encontraron 7 variables relevantes con carácter discriminatorio según el sexo.

INTRODUCCION

La identificación taxonómica de las especies de cangrejos de agua dulce se basa principalmente en la morfología del gonópodo de los machos, lo cual no permite la identificación de las hembras a nivel específico. Este hecho sugiere la conveniencia de buscar un sistema alternativo o complementario que permita la clasificación tanto de hembras como de machos. Con este propósito y con carácter exploratorio se recurrió al empleo de métodos estadísticos

---

* Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional, Apartado Aéreo 7495, Bogotá, Colombia.

** Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional. Bogotá, Colombia.

con el fin de evaluar críticamente otros caracteres morfológicos que permitieran, en una primera etapa, la discriminación entre sexos de una misma especie.

El estudio morfométrico se llevó a cabo con la subespecie de cangrejo *Hypolobocera bouvieri bouvieri* (Rathbun, 1898), predominante en la Cuenca del río Negro, hoya del río Magdalena, en el Departamento de Cundinamarca. Del material colectado en dicha cuenca sólo participaron en el análisis los organismos adultos: 10 hembras y 28 machos. Para cada ejemplar se observaron 29 variables cuantitativas, las cuales se reportan en la tabla 1.

ASPECTOS METODOLOGICOS

Trabajo de campo.

Con el fin de sistematizar la colección de material, se realizó el estudio en la cuenca del río Negro, hoya del río Magdalena, en el Departamento de Cundinamarca. En el sector comprendido desde el Municipio de Caparrapí hasta el Municipio de Guayabal de Síquima, en regiones comprendidas entre el margen izquierdo y derecho del río Negro; con un rango altitudinal de 550 m a 1550 m. La colección se realizó entre marzo de 1983 y febrero de 1984.

En la selección de localidades se identificaron principalmente las cuencas y subcuencas con características ecológicas que a priori parecieron ser distintivas, teniendo en cuenta el hecho de que otros organismos acuáticos existieran en considerable grado de endemismo entre estas unidades.

Para una mayor colección de ejemplares se utilizó el sistema de nasas con cebo y se hicieron exploraciones tanto diurnas como nocturnas en las áreas aledañas a las quebradas. En lo posible, el trabajo de campo se realizó durante los períodos lluviosos debido a que en éstos se facilita la captura, particularmente de organismos adultos.

El material fue sacrificado con nembutal, se fijó en formol al 10% y fue llevado al laboratorio de la Unidad de Invertebrados del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

Trabajo de Laboratorio.

La identificación a nivel específico se basa esencialmente en la morfología del gonópodo del macho: RATHBUN (1898), PRETZMANN (1972) y RODRÍGUEZ (1982). La identificación taxonómica fue corroborada comparando con material de referencia existente en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Morfometría.

Para el análisis estdístico se seleccionaron 29 variables cuantitativas, las cuales se enumeran en la tabla 1. Se usó un calibrador con dial, lo cual garantiza que los valores dados sean precisos con dos cifras significativas, siendo el milímetro la escala de medida para cada variable.

TABLA 1

Variable	*Nombre de la variable*
V_1	Número de tubérculos en el borde antero-lateral del caparazón.
V_2	Número de tubérculos en la órbita inferior.
V_3	Número de dientes en la quela izquierda.
V_4	Número de dientes en la quela derecha.
V_5	Número de tubérculos en el mero de la quela mayor.
V_6	Promedio de espinas por hilera del Dáctylo.
V_7	Relación de la longitud Endognato/Exognato del tercer Maxilípedo.
V_8	Relación ancho/largo del Abdomen**.
V_9	Longitud del podómero 1 del tercer Pereiópodo.
V_{10}	Ancho máximo del podómero 1 del tercer Pereiópodo.
V_{11}	Longitud del podómero 2 del tercer Pereiópodo.
V_{12}	Ancho máximo del podómero 2 del tercer Pereiópodo.
V_{13}	Longitud del podómero 3 del tercer Pereiópodo.
V_{14}	Ancho máximo del podómero 3 del tercer Pereiópodo.
V_{15}	Longitud del podómero 4 del tercer Pereiópodo.
V_{16}	Ancho máximo del podómero 4 del tercer Pereiópodo.
V_{17}	Longitud del podómero 1 de la quela mayor.
V_{18}	Ancho máximo del podómero 1 de la quela mayor.
V_{19}	Longitud del podómero 2 de la quela mayor.
V_{20}	Ancho máximo del podómero 2 de la quela mayor.
V_{21}	Longitud del podómero 3 de la quela mayor.
V_{22}	Ancho máximo del podómero 3 de la quela mayor.
V_{23}	Longitud del podómero 4 de la quela mayor.
V_{24}	Ancho máximo del podómero 4 de la quela mayor.
V_{25}	Longitud del palpo del tercer Maxilípedo.
V_{26}	Ancho de la frente, entre los ángulos internos de las órbitas.
V_{27}	Distancia fronto-orbital, entre los ángulos externo e interno de la órbita.
V_{28}	Largo del caparazón.
V_{29}	Ancho del caparazón.

TABLA 1. Variables seleccionadas para el estudio morfométrico. El estudio morfométrico se hizo excluyendo la variable marcada con (**), debido a que ella permite la discriminación directa de los sexos.

Método Estadístico.

Se usó el análisis discriminante asumiendo que las distribuciones tanto para machos como para hembras eran normales multidimensional con matriz de covarianzas común.

Con el propósito de eliminar variables redundantes o sin poder discriminatorio se usó el procedimiento *Discriminant Analysis* del paquete estadístico SPSS (1975) y, de este proceso se escogió el método *Stepwise* debido a Wilks.

RESULTADOS Y ANALISIS

Las variables con poder discriminatoro fueron: V_4, V_5, V_{10}, V_{22}, V_{24}, V_{25}, V_{27}. La información relevante de cada una de las variables se presenta en las tablas 2 y 3, para hembras y machos y las tablas 4 y 5 contienen las matrices de covarianzas para los respectivos sexos.

TABLA 2

Variable	*Valor mínimo*	*Valor máximo*	*Valor promedio*	*Varianza*	*Desviación estandar*
V_4	8.00	10.00	9.50	0.504	0.71
V_5	9.00	14.00	11.50	1.833	1.33
V_{10}	8.00	11.70	9.86	1.210	1.10
V_{22}	16.70	29.50	23.28	16.241	4.03
V_{24}	6.40	9.40	7.81	1.082	1.04
V_{25}	4.90	8.80	7.10	1.103	1.05
V_{27}	6.30	11.00	9.17	2.045	1.43

TABLA 2. Datos estadísticos para las hembras de *Hypolobocera bouvieri bouvieri* en la cuenca del río Negro.

TABLA 3

Variable	*Valor mínimo*	*Valor máximo*	*Valor promedio*	*Varianza*	*Desviación estandar*
V_4	8.00	13.00	9.50	1.369	1.17
V_5	8.00	15.00	10.75	2.341	1.53
V_{10}	5.10	10.50	7.43	1.796	1.34
V_{22}	10.70	34.30	19.14	51.840	7.20
V_{24}	3.50	10 70	6.30	4.244	2.06
V_{25}	3.90	7.60	5.39	1.369	1.17
V_{27}	5.40	9.70	6.92	1.742	1.32

TABLA 3. Datos estadísticos para los machos de *Hypolobocera bouvieri bouvieri* en la cuenca del río Negro.

TABLA 4

	V_4	V_5	V_{10}	V_{22}	V_{24}	V_{25}	V_{27}
V_4	0.50	−0.06	0.01	0.04	0.17	0.02	−0.11
V_5	−0.06	1.83	0.31	0.87	0.25	0.36	0.86
V_{10}	0.01	0.31	1.20	4.17	1.06	1.08	1.37
V_{22}	0.04	0.87	4.17	16.22	3.91	3.84	5.32
V_{24}	0.17	0.25	1.06	3.91	1.09	0.90	1.25
V_{25}	0.02	0.36	1.08	3.84	0.90	1.11	1.28
V_{27}	−0.11	0.86	1.37	5.32	1.25	1.28	2.04

TABLA 4. Matriz de covarianzas para las hembras de *Hypolobocera bouvieri bouvieri* en la cuenca del río Negro.

TABLA 5

	V_4	V_5	V_{10}	V_{22}	V_{24}	V_{25}	V_{27}
V_4	1.37	0.80	0.37	1.69	0.60	0.54	0.47
V_5	0.80	2.34	0.04	−0.83	−0.13	0.15	0.08
V_{10}	0.37	0.04	1.78	8.57	2.44	1.38	1.57
V_{22}	1.69	−0.83	8.57	51.89	14.71	7.92	8.88
V_{24}	0.60	−0.13	2.44	14.71	4.24	2.28	2.52
V_{25}	0.54	0.15	1.38	7.92	2.28	1.37	1.46
V_{27}	0.47	0.08	1.57	8.88	2.52	1.46	1.75

TABLA 5. Matriz de covarianzas para los machos de *Hypolobocera bouvieri bouvieri* en la cuenca del río Negro.

Validación del supuesto de Igualdad de Matrices de Covarianzas.

La estadística *M de Box* para la prueba de hipótesis de igualdad de matrices de covarianzas entre los sexos dió el valor de 58.113, un F con 28 y 1036.3 grados de libertad igual a 1.4052 y una significación de 7.93%, hecho éste que conduce a no rechazar la hipótesis de igualdad de matrices de covarianzas, supuesto fundamental de la discriminación.

Discriminación.

La determinación de las variables con carácter discriminatorio requirió de 7 etapas. Como el número de funciones discriminantes es igual al mínimo entre el número de grupos menos uno y el número de variables, se tiene para la cuenca una función discriminante, con coeficientes estandarizados dados en la tabla 6 y con coeficientes no estandarizados en la tabla 7.

TABLA 6

Variable	*Coeficiente*
V_4	0.44844
V_5	0.25447
V_{10}	−0.94026
V_{22}	5.82943
V_{24}	−3.24835
V_{25}	−1.06457
V_{27}	−1.14416

TABLA 6. Coeficientes estandarizados de la función discriminante, según variable.

TABLA 7

Variable	*Coeficiente*
V_4	0.4176683
V_5	0.1709716
V_{10}	−0.7343393
V_{22}	0.8892784
V_{24}	−1.7476670
V_{25}	−0.9332193
V_{27}	−0.8472816
CTE.	5.6162950

TABLA 7. Coeficientes no estandarizados de la función discriminante, según variable.

Un resumen en términos absolutos y relativos de la clasificación es presentada en la tabla 8 y el histograma de la gráfica 1 muestra la frecuencia de casos en relación a la función discriminante canónica.

TABLA 8

Grupo actual	Número de casos	*Predicción por la función discriminante* 1	2
1 (hembras)	10	9	1
		90.0%	10.0%
2 (machos)	28	0	28
		0.00%	100.0%

Tabla 8. Resumen en términos absolutos y relativos de la clasificación.

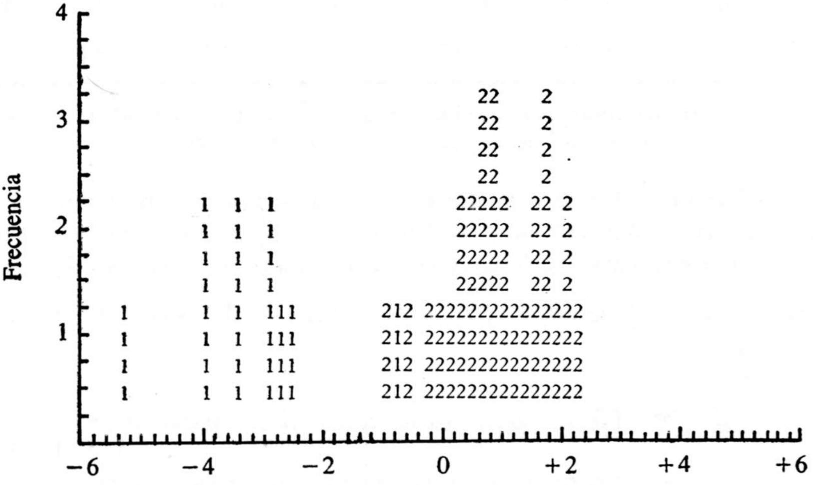

Fig. 1. Histograma de la frecuencia de casos en relación con la función discriminante canónica (1) hembras, (2) machos

Análisis.

A. Como la estadística M de Box pone de manifiesto la igualdad de las matrices de covarianzas, la estimación de la matriz de covarianzas común a hembras y machos es como se muestra en la Tabla 9.

TABLA 9

	V_4	V_5	V_{10}	V_{22}	V_{24}	V_{25}	V_{27}
V_4	1.15	0.58	0.28	1.28	0.49	0.41	0.33
V_5	0.58	2.22	0.11	−0.40	−0.32	0.20	0.28
V_{10}	0.28	0.11	1.64	7.47	2.09	1.31	1.52
V_{22}	1.28	−0.40	7.47	42.97	12.01	6.90	7.99
V_{24}	0.49	−0.32	2.09	12.01	3.45	1.94	2.21
V_{25}	0.41	0.20	1.31	6.90	1.94	1.30	1.41
V_{27}	0.33	0.28	1.52	7.99	2.21	1.41	1.82

TABLA 9. Matriz de covarianzas conjunta para hembras y machos de *Hypolobocera bouvieri bouvieri* en la cuenca del río Negro.

B. El valor de las correspondientes medias evaluadas en la función discriminante da — 3.03258 para las hembras y + 1.08306 para los machos. Valores que representan la desigualdad de los respectivos vectores de medias.

En consecuencia, el siguiente vector es el estimador del vector de medias de las hembras:

$$\hat{\mu}_1 = [\hat{\mu}_{v4}, \ \hat{\mu}_{v5}, \ \hat{\mu}_{v10}, \ \hat{\mu}_{v22}, \ \hat{\mu}_{v24}, \ \hat{\mu}_{v25}, \ \hat{\mu}_{v27}]'$$

$$= [\ 9.50, 11.50, 9.86, 23.28, 7.81, 7.10, 9.17\ ]$$

mientras que el vector:

$$\hat{\mu}_2 = [\hat{\mu}^{(2)}_{v4}, \ \hat{\mu}^{(2)}_{v5}, \ \hat{\mu}^{(2)}_{v10}, \ \hat{\mu}^{(2)}_{v22}, \ \hat{\mu}^{(2)}_{v24}, \ \hat{\mu}^{(2)}_{v25}, \ \hat{\mu}^{(2)}_{v27}]'$$

$$= [\ 9.50, \ 10.75, \ 7.43, \ 19.14, \ 6.30, \ 5.39, \ 6.92\ ]$$

es el estimador del vector de medias de los machos.

C. Sean S la estimación de la matriz de covarianzas conjunta, dada en la tabla 9,

$$\underline{l}' = (n_1 + n_2 - 2)\,(\hat{\mu}_1 - \hat{\mu}_2)'\, S^{-1}, \quad y$$

$$D = \underline{l}'\underline{x} - \tfrac{1}{2}\,(\hat{\mu}_1 + \hat{\mu}_2).$$

Entonces cualquier cangrejo adulto de la especie considerada, cuyas mediciones son dadas por el vector x es clasificado como hembra si $D \geqq O$. Si $D < O$, lo clasifica como macho.

El término $l'\,x$ de D es conocido en la literatura estadística como la *Función Discriminante lineal muestral de Fischer en* x.

D. De los valores de los coeficientes estandarizados se observa que la importancia de las variables usadas para la discriminación tiene el siguiente orden:

$$V_{22},\ V_{24},\ V_{27},\ V_{25},\ V_{10},\ V_{4},\ V_{5}$$

CONCLUSIONES

1. La metodología estadística empleada permitió encontrar variables que discriminan los cangrejos de la subespecie *Hypolobocera bouvieri bouvieri* (Rathbun, 1898) por sexos. Las 7 variables relevantes no incluyen aquellas que permiten la discriminación directa del sexo, tal como la relación ancho-largo del abdomen. Mediante la realización de trabajos posteriores se espera encontrar variables que faciliten la discriminación entre especies.

2. La función discriminante lineal muestral de Fischer puede usarse para la clasificación por sexos de cualquier cangrejo adulto de la subespecie considerada, siempre que las variables V_4, V_5, V_{10}, V_{22}, V_{24}, V_{25} y V_{27} constituyan en su orden las componentes del vector aleatorio x.

3. La bondad mostrada por el análisis discriminante en problemas de discriminación sugiere su utilización en la solución de problemas como el considerado en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo hace parte de la tesis para optar al título de Magister en Sistemática de uno de los autores (M. R. C.). Nuestros agradecimientos al Dr. A. CADENA por las sugerencias que permitieron la preparación de la versión final del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, T. W. 1984. *An introduction to multivariate statistical methods,* John Wiley, New York.

DILLON, W. R. & GOLDSTEIN, M. 1984. *Multivariate analysis: Methods and aplications,* John Wiley, New York.

JHONSON, R. A. & WICHERN, D. N. 1982. *Applied multivariate statistical analysis,* Prentice Hall, New York.

KSHIRSAGAR, A. M. 1972. *Multivariate analysis,* Marcel Dekker, Amsterdam.

NIE, N. H. *et al.* 1975. *Statistical package the social sciences* (SPSS), Second Edition McGraw Hill, New York.

PRETZMANN, G. 1972. Die Pseudothelphusidae (Crustacea Brachyura). Zoologica, **42** (120): 1-182, fig. 1-31.

RATHBUN, M.-J. 1898. A contribution to a knowledge of the fresh-water crabs of America. The Pseudothelphusinae. Proc. U. S. natn. Mus., **21** (1158): 507-537, fig. 1-18.

RODRÍGUEZ, G. 1982. *Les crabes d'eau douce D'Amerique. Famille des Pseudothelphusidae,* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer (ORSTOM), Paris.